

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 196 14 643 A 1**

51 Int. Cl. 6:  
**A 61 N 5/10**  
G 01 B 11/00  
G 05 D 3/12

21 Aktenzeichen: 196 14 643.7  
22 Anmeldetag: 13. 4. 96  
43 Offenlegungstag: 16. 10. 97

DE 196 14 643 A 1

71 Anmelder:  
Brenneisen, Werner, Dipl.-Phys., 30161 Hannover, DE

74 Vertreter:  
Jabbusch und Kollegen, 26135 Oldenburg

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

56 Entgegenhaltungen:  
DE 42 07 632 C2  
CD-ROM PAJ: Patents Abstracts of Japan,  
JP 08000745 A;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren und Vorrichtung zur stereotaktisch gezielten Bestrahlung eines Zieles

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur stereotaktisch gezielten Strahlentherapie, bei dem ein Ziel (Target), z. B. ein Hirntumor, mittels eines Behandlungsstrahles einer Behandlungseinrichtung bestrahlt und der Patient um eine Achse gedreht wird, deren Richtung sich mit dem Behandlungsstrahl im sogenannten Isozentrum, in dem auch das Ziel plaziert bleiben soll, schneidet.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren bzw. die eingangs genannte Vorrichtung im Hinblick auf die Beibehaltung der Zielgenauigkeit während des Bestrahlungsvorganges selbst zu verbessern.

Die Aufgabe wird in Verfahrenshinsicht erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß während der Bestrahlungsdauer auftretende Auswanderungen des Zieles aus dem Isozentrum registriert und durch Rückführungen ausgeglichen werden.

DE 196 14 643 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur stereotaktisch gezielten Strahlentherapie, bei dem ein Ziel (Target), z. B. ein Hirntumor, mittels eines Behandlungsstrahles einer Behandlungseinrichtung bestrahlt und der Patient um eine Achse gedreht wird, deren Richtung sich mit dem Behandlungsstrahl im sogenannten Isozentrum, in dem auch das Ziel plazierte bleiben soll, schneidet.

Desweiteren betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur stereotaktisch gezielten Bestrahlung eines Zieles (Targets), z. B. eines Hirntumores eines Patienten, die eine Bestrahlungseinrichtung zur gezielten Aussendung eines Behandlungsstrahles und eine Patientenaufnahme, vorzugsweise einen Auflagetisch, aufweist, wobei die Patientenaufnahme bei der Bestrahlung um eine Achse drehbar ist, deren Axialrichtung sich mit der Behandlungsstrahlrichtung im sogenannten Isozentrum schneidet, in dem auch das Ziel zur Behandlung plazierte ist, vorzugsweise zur Durchführung des eingangs genannten Verfahrens.

Bei einem eingangs genannten Verfahren zur stereotaktisch gezielten Strahlentherapie wird ein zu bestrahlendes Ziel im sogenannten Isozentrum mit Hilfe einer Stereotaxieeinheit, beispielsweise einen vom Patientenkopf getragenen Stereotaxierahmen, plazierte. Danach wird das Ziel bestrahlt, beispielsweise mit einem Behandlungsstrahl eines Linearbeschleunigers. Während der Bestrahlung wird zumeist sowohl der Behandlungsstrahl selber um das Isozentrum geschwenkt, und zwar mittels eines drehbaren Beschleunigerstativs (Gantry), als auch der Patient, der z. B. auf einem um eine vertikale Achse drehbaren Auflagetisch liegt. Dadurch wird das zu bestrahlende Ziel von verschiedenen Seiten getroffen.

Um die Zielgenauigkeit auch bei diesen Schwenkbewegungen zu gewährleisten, sind sämtliche beteiligten Achsen und der Behandlungsstrahl selber auf das Isozentrum, das den Zielbereich darstellt, ausgerichtet.

Es kann aber durchaus vorkommen, daß insbesondere die Drehachse, um die der Patient bzw. die Patientenaufnahme, also z. B. ein Auflagetisch, drehbar ist, nicht präzise auf das Isozentrum ausgerichtet ist und deshalb bei einer Drehung des Patienten um diese Achse das in dem Patienten enthaltene Ziel aus dem Isozentrum herauswandert. Auch wenn die Achse prinzipiell gut justiert ist, kann aufgrund eines Lagerspieles durchaus eine entsprechende Auswanderung des Zieles aus dem Isozentrum bei einer Drehung um die Achse bzw. die Drehlagerung geschehen. Eine derartige Lagerung wird entsprechend der einschlägigen DIN-Norm mit einer Toleranz von 1,5 mm Abweichung bei einer Drehung um 90° gefertigt. Eine solche Abweichung kann aber bei kleinen Behandlungszielen durchaus dazu führen, daß das Behandlungsziel gar nicht mehr oder jedenfalls nicht mehr korrekt getroffen wird.

Insgesamt stellt damit die Toleranz oder Ungenauigkeit bei der Drehung des Patienten die größte systematische Fehlerquelle bei der Bestrahlung dar.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, das eingangs genannte Verfahren bzw. die eingangs genannte Vorrichtung im Hinblick auf die Beibehaltung der Zielgenauigkeit während des Bestrahlungsvorganges selbst zu verbessern.

Die Aufgabe wird in Verfahrenshinsicht erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß während der Bestrahlungsdauer auftretende Auswanderungen des Zieles aus dem

Isozentrum registriert und durch Rückführungen ausgeglichen werden.

Da eine Fertigungsgenauigkeit immer an ihre Grenzen stößt und somit Auswanderungen des Zieles aus dem Isozentrum nicht verhindert werden können, bietet die Erfindung die Möglichkeit, dennoch diese auftretenden Fehler zu korrigieren, indem während der gesamten Behandlungsdauer eventuelle Abweichungen des Zieles aus dem Isozentrum festgestellt und durch Gegensteuerung korrigiert werden.

Eine entsprechende erfindungsgemäße Vorrichtung, für die auch selbständiger Schutz beansprucht wird, zeichnet sich aus durch eine Kontroll- und Steuereinrichtung zur Registrierung und Korrektur von Auswanderungen des Zieles aus dem Isozentrum.

Zur Korrektur der festgestellten Auswanderung kommt am ehesten die ohnehin vorhandene Feinjustierung zur Ausrichtung des Patienten in Betracht, die zumeist in der Lage ist, den Patienten in drei axialen Raumrichtungen, zumindest aber in einer horizontalen Ebene bezüglich zweier Raumkomponenten bezüglich des Isozentrums zu justieren. Mit einer solchen Feinregelung können quasi automatisch die festgestellten Abweichungen korrigiert werden.

Nach einer Weiterbildung umfaßt die Kontroll- und Steuereinrichtung eine optische Lichtzeigereinrichtung als Bestandteil der Kontrolleinrichtung. Mit einer solchen Lichtzeigereinrichtung kann berührungslos und sehr genau eine entsprechende Kontrolle der Lage des Zieles bezüglich des Isozentrums vorgenommen werden. Da ein solcher Lichtzeiger innerhalb des Behandlungsraumes eine relativ weite Strecke zurücklegen darf, können auch kleinere Änderungen durch den Lichtzeiger in relativ große und genau zu erfassende Lichtzeigerbewegungen umgesetzt werden.

Die Position des Lichtzeigers kann zur elektronischen Erfassung mittels einer für die Position empfindlichen Sensorfläche, einer sogenannten, an sich bekannten Position Sensitive Device, vorgenommen werden. Die Wanderung des Lichtzeigers entspricht, jedenfalls proportional, der Wanderung des Zieles bezüglich des Isozentrums und kann aufgrund der elektronischen Erfassung in einfacher Weise durch eine elektronische Gegensteuerung korrigiert werden.

Ein entsprechender Lichtzeiger kann beispielsweise dadurch erzeugt werden, daß in der Zielposition, beispielsweise auf einem Stereotaxierahmen, ein prismatischer Retroreflektor plazierte wird, der immer von einem entsprechenden Lichtstrahl zur Erzeugung eines Zeigers getroffen wird, wobei eine Wanderung des Retroreflektors zu einer Winkeländerung des Lichtzeigers führt, da bei einer Positionsänderung der Retroreflektor aus einem anderen Winkel vom Lichtstrahl getroffen wird und er durch seine Reflektion eine entsprechende Winkeländerung durch den Lichtzeiger wiedergibt.

Ein Ausführungsbeispiel, aus dem sich weitere erfinderische Merkmale ergeben, ist in der Zeichnung dargestellt.

Die einzige Figur zeigt schematisch in einer Seitenansicht einen Auflagetisch 1 im Bereich einer nicht näher dargestellten Strahlenbehandlungseinrichtung zur Auflage eines Patienten 2, der auf seinem Kopf einen Stereotaxierahmen 3 trägt und das zu bestrahlende Ziel 4, z. B. einen Hirntumor, in seinem Kopf hat. Mit Hilfe von Justrierungseinrichtungen ist der Patient 2 mit der Tischplatte des Tisches 1 in eine z-Richtung 5 und eine dazu orthogonale x-Richtung 6 in horizontaler Ebene bewegbar und positionierbar, bis sich das Ziel 4 im so-

nannten Isozentrum der Behandlungseinrichtung befindet. Da der Patient 2 zudem um eine nicht näher dargestellte vertikale Achse während der Behandlung schwenkbar ist, könnte es vorkommen, daß sich das zunächst genau positionierte Ziel 4 aus dem Isozentrum, also dem Zielbereich des Behandlungsstrahles, entfernt.

Um dies zu kontrollieren und zu korrigieren, weist die erfindungsgemäße Vorrichtung eine schematisch dargestellte Lichtzeigereinrichtung 7 auf. Die Lichtzeigereinrichtung 7 umfaßt eine Lichtquelle 8, die Lichtstrahlen 9 aussendet. Es könnte sich beispielsweise um einen Laser bei der Lichtquelle 8 handeln.

Die Lichtstrahlen 9 fallen durch einen halbdurchlässigen Spiegel 10 und treffen auf einen Retroreflektor 11, der, beispielsweise in Verbindung mit dem Stereotaxierahmen 3 bezüglich des Zieles 4 genau positioniert ist, so daß eine Bewegung des Retroreflektors 11, jedenfalls in der horizontalen x-z-Ebene, genau einer entsprechenden Bewegung des Zieles 4 entspricht.

Die auf den Retroreflektor 11 auftreffenden Lichtstrahlen 9 werden von diesem genau in derselben Richtung reflektiert, in der die Lichtstrahlen 9 von dem Retroreflektor 11 empfangen werden, so daß die reflektierten Lichtstrahlen 12 bei einer Wanderung des Retroreflektors 11 unterschiedlich vom Spiegel 10 reflektiert werden, was mit Hilfe beispielsweise einer Sammellinse 13 auf einer lichtempfindlichen Sensorfläche 14 registriert werden kann, wodurch die jeweilige Position des Lichtzeigers bzw. Lichtstrahles 12 elektronisch bestimmt werden kann. Für eine solche Sensorfläche 14 in Betracht kommende, sogenannte Position Sensitive Device sind hinreichend aus anderen Einsatzzwecken bekannt. Es käme beispielsweise der Halbleiterchip einer CCD-Kamera in Betracht. Solange sich der Retroreflektor 11 in seiner Position nicht verändert, werden die Strahlen 9 in völlig gleicher Position und Richtung auf den halbdurchlässigen Spiegel 10 zurückgeworfen, was durch einen entsprechenden Doppelpfeil am Lichtstrahl 9 in der Zeichnung gekennzeichnet ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur stereotaktisch gezielten Strahlentherapie, bei dem ein Ziel (Target), z. B. ein Hirntumor, mittels eines Behandlungsstrahles einer Bestrahlungseinrichtung bestrahlt und der Patient um eine Achse gedreht wird, deren Richtung sich mit dem Behandlungsstrahl im sogenannten Isozentrum, in dem auch das Ziel plaziert bleiben soll, schneidet, dadurch gekennzeichnet, daß während der Bestrahlungsdauer auftretende Auswanderungen des Zieles aus dem Isozentrum registriert und durch Rückführungen ausgeglichen werden.

2. Vorrichtung zur stereotaktisch gezielten Bestrahlung eines Zieles (Targets), z. B. eines Hirntumores eines Patienten, die eine Bestrahlungseinrichtung zur gezielten Aussendung eines Behandlungsstrahles und eine Patientenaufnahme, vorzugsweise einen Auflagetisch, aufweist, wobei die Patientenaufnahme während der Bestrahlung um eine Achse drehbar ist, deren Axialrichtung sich mit der Behandlungsstrahlrichtung im sogenannten Isozentrum schneidet, in dem auch das Ziel zur Behandlung plaziert ist, vorzugsweise zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine Kontroll- und Steuereinrichtung zur Registrierung und Korrektur von Auswanderungen des Zieles (4) aus dem Isozentrum.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontroll- und Steuereinrichtung eine optische Lichtzeigereinrichtung (7) als Bestandteil der Kontrolleinheit umfaßt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur elektronischen Erfassung der jeweiligen Position des Lichtzeigers (9, 12), die die Position des Zieles (4) bezüglich des Isozentrums wiedergibt, eine bezüglich dieser Position empfindliche Sensorfläche (14) (Position Sensitive Device) vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur proportionalen Umlenkung eines den Lichtzeiger bildenden Lichtstrahles (9, 12) als Reaktion auf eine Auswanderung des Zieles (4) ein vorzugsweise prismatischer Retroreflektor (11) vorgesehen ist, der in der Zielposition plaziert ist.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein an sich vorhandener Justierungsantrieb der Patientenaufnahme (Auflagetisch 1) als Steuereinrichtung zur Kompensierung einer Auswanderung des Zieles (4) mit der Kontrolleinrichtung (Lichtzeigereinrichtung 7) gekoppelt ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

